

ДАГЕСТАН

З.А. Адилов, О.А. Асманов, М.Г. Даниялов

Дагестанский филиал ФИЦ ЕГС РАН, г. Махачкала, adilov79@mail.ru

Сеть станций. В 2011 г. в системе сейсмологических наблюдений, проводимых на территории Дагестана, было задействовано 16 сейсмических станций, из них 5 станций цифровой регистрации. Список станций и их параметры представлены в общем Приложении по Северному Кавказу [1] к наст. ежегоднику. Станция «Махачкала» (МАК) принадлежит ГС РАН. Сравнение станционных параметров в 2011 г. [1] и в 2010 г. [2] показывает, что уровни увеличений изменились почти на всех станциях. Коды станций соответствуют приведенным в [1].

На севере Республики с 1 ноября 2011 г. введена в строй новая аналоговая станция «Юрковка» (YRKR) с координатами 44.175° N, 46.696°E, оснащенная аппаратурой типа СМ-3.

Карта K_{\min} . Дислокация сейсмических станций и изолинии энергетической представительности K_{\min} землетрясений представлены на рис. 1. Рассмотрим методику построения карты K_{\min} по реальным экспериментальным данным.

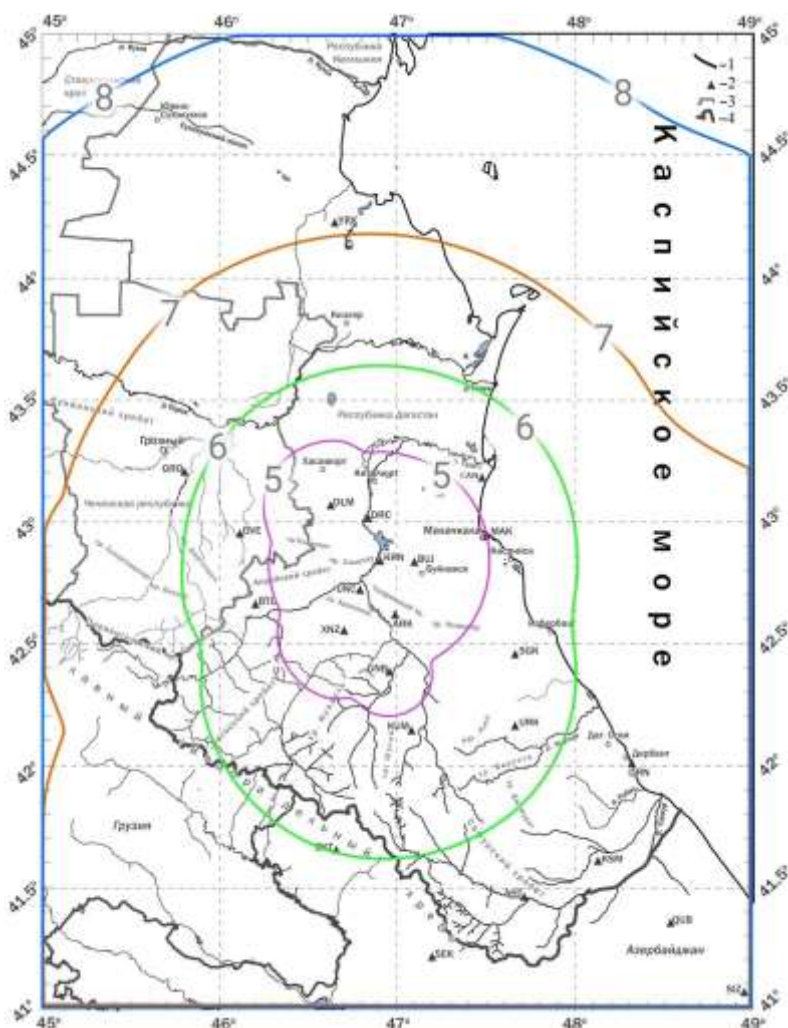


Рис. 1. Карта энергетической представительности K_{\min} землетрясений Дагестана в 2011 г.

1 – изолиния K_{\min} ; 2 – сейсмическая станция; 3 – граница Дагестана; 4 – государственная граница.

Для каждой станции строились графики дальности регистрации землетрясений в зависимости от энергетического класса. Пример такого графика дан на рис. 2 для станции «Каранай». На полученном графике проведена огибающая линия по основной массе нижних точек, по которым определялись максимальные радиусы регистрации землетрясений разных классов (табл. 1). Конкретно для станции «Каранай» они оказались такими: $r_{K=5}=20$, $r_{K=6}=85$, $r_{K=7}=150$, $r_{K=8}=205$, $r_{K=9}=250$ км. Параллельным переносом полученных огибающих вверх на половину деления класса, равной ошибке δ определения класса $\delta K=0.5$, были получены уверенные радиусы регистрации, приведенные также в табл. 1 (для станции «Каранай» они равны: $r_{K=5}=0$, $r_{K=6}=50$, $r_{K=7}=110$, $r_{K=8}=170$, $r_{K=9}=225$ км).

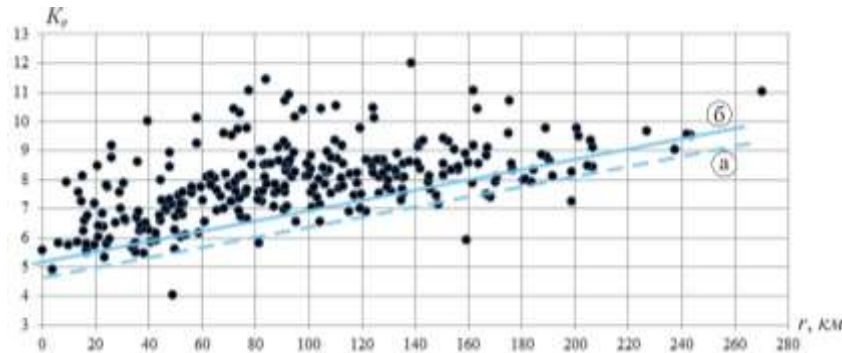


Рис. 2. Предельная (а) и уверенная (б) дальность регистрации r , км землетрясений с K_p от 4.0 до 12.0 на станции «Каранай» ($V_{max}=21000$)

Полученные в Дагестанском филиале ФИЦ ЕГС РАН значения максимальных и уверенных радиусов регистрации для всех станций даны в табл. 1, кроме новой станции «Юрковка». Изображенные выше на рис. 1 изолинии энергетической представительности получены наложением на единую карту полученных данных по всем станциям для каждого энергетического класса в отдельности с последующим совмещением изолиний K_{min} для разных классов от $K_{min}=5$ до $K_{min}=8$.

Таблица 1. Максимальные и уверенные радиусы регистрации землетрясений разных классов на станциях Дагестана

Название (Код)	V_{max}	r , км	K_p					
			5	6	7	8	9	
Ахты (АНТ)		макс	20	250	305	365		
		увер	10	205	275	330		
Аракани (АРК)	10000	макс	10	50	125	210	265	
		увер		25	80	165	240	
Ботлих (ВТЛ)		макс		30	110	175	215	
		увер		10	50	140	190	
Буйнакск (БУИ)	7100	макс	10	50	105	170	210	
		увер		30	70	135	195	
Гуниб (ГНВ)		макс	25	95	180	240	290	
		увер	15	65	125	215	260	
Дербент (ДРН)		макс		15	115	170	225	
		увер			70	145	200	
Дубки (ДВК)		макс	10	50	110	180	250	
		увер		20	75	140	210	
Дылым (ДЛМ)	12000	макс	20	55	110	160	240	
		увер	5	30	55	130	200	
Каранай (КРН)	21000	макс	20	85	150	205	250	
		увер		50	110	170	225	
Касумкент (КУМ)	11000	макс		10	120	220	310	
		увер		–	30	170	260	
Кумух (КУМ)	17000	макс		75	160	245	305	
		увер		25	110	190	250	
Сергокала (СГК)	2500	макс				80	170	
		увер					115	
Унцукуль (УНЦ)	15000	макс	15	60	145	215	260	
		увер		30	95	170	240	
Уркарах (УРК)	16000	макс		20	140	240	320	
		увер			30	165	270	
Хунзах (ХНЗ)		макс	30	85	140	185	220	
		увер	10	50	110	165	205	

Согласно полученной карте K_{min} (рис. 1), республиканская сеть сейсмических станций обеспечивает уверенную регистрацию землетрясений с $K_p=6$ в центральной части Дагестана, вокруг группы станций «Дылым», «Дубки», «Каранай», «Буйнакск», «Унцукуль», «Ботлих», «Хунзах», «Аракани» и «Гуниб». Землетрясения с $K_p=7$ представительны почти для всей территории Дагестана. Землетрясения с $K_p \geq 8$ регистрируются все.

Методика обработки землетрясений Дагестана, по сравнению с таковой в [3], не изменилась: определение координат гипоцентров производилось в основном машинным способом методом засечек с использованием местных годографов [4]; классификация землетрясений осуществлялась по шкале Т.Г. Раутиан [5].

Каталог землетрясений и карта эпицентров. Всего в 2011 г. на территории ответственности в рамках координат $\varphi=41-44^\circ\text{N}$ и $45-49^\circ\text{E}$ сеть сейсмических станций ДФ ФИЦ ЕГС РАН зарегистрировала 364 землетрясения с $K_p \geq 4.8$ с определением всех параметров [6]. Распределение землетрясений по энергетическим классам и глубине очага представлено в табл. 2 и 3 соответственно. Коэффициент повторяемости для исследуемой территории в диапазоне классов $K_p=8-12$ в 2011 г. равен $|\gamma|=0.515$.

Таблица 2. Распределение числа землетрясений Дагестана по энергетическим классам K_p и суммарная сейсмическая энергия ΣE в 2011 г.

K_p	5	6	7	8	9	10	11	12	$\Sigma E, 10^{12} \text{ Дж}$
$N(K_p)$	9	49	92	129	57	19	8	1	1.667

Что касается глубин очагов (табл. 3), то более 89% гипоцентров землетрясений локализованы в верхних ($h=0-20 \text{ км}$) слоях земной коры, при этом максимальное их число ($N=202$) зарегистрировано на глубине ($h=11-20 \text{ км}$). Число землетрясений с глубиной гипоцентров $h=0-20 \text{ км}$ увеличилось в 1.08 раза по сравнению с таковым в 2010 г., т.е. 320 (табл. 3) вместо 295 [3].

Таблица 3. Распределение числа землетрясений Дагестана по интервалам глубин h в 2011 г.

$h_1-h_2, \text{ км}$	0-10	11-20	21-30	31-40	41-50	N_Σ
$N(h)$	118	205	32	8	1	364

Карта эпицентров землетрясений за 2011 г., зарегистрированных сетью сейсмических станций ДФ ФИЦ ЕГС РАН на контролируемой территории, представлена на рис. 3.

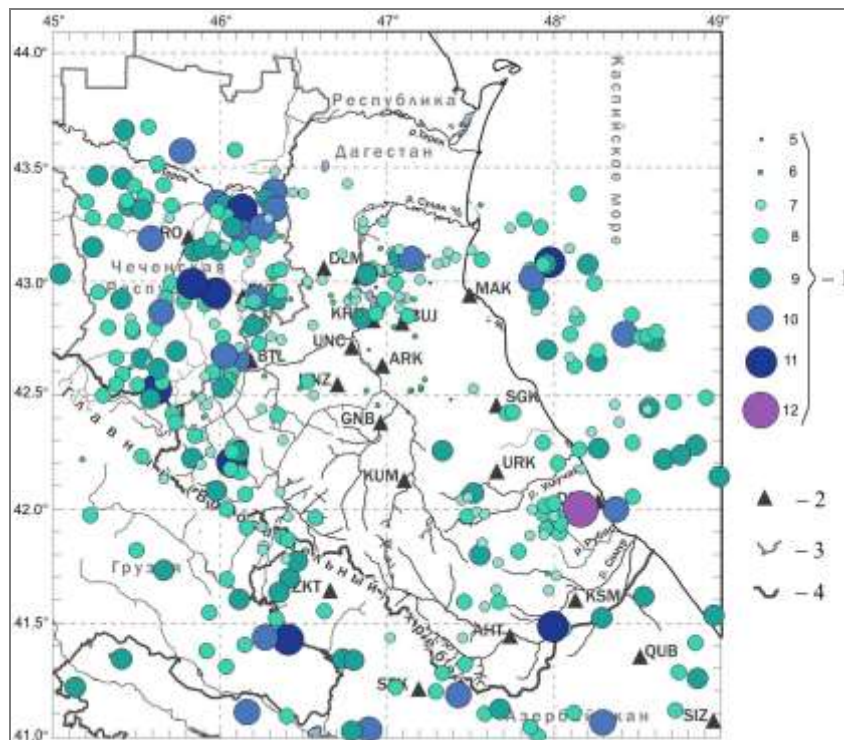


Рис. 3. Карта эпицентров землетрясений Дагестана за 2011 г.

1 – энергетический класс; 2 – сейсмическая станция; 3 – граница Дагестана; 4 – государственная граница.

Как видим, самая высокая плотность эпицентров землетрясений наблюдается в приграничной к Дагестану Чеченской Республике. Заметное сгущение эпицентров приурочено также к Дагестанскому клину, прибрежной акватории Каспийского моря и на юге Республики. Центральная территория практически асейсмична.

Сейсмичность районов Дагестана. Деление территории ответственности Дагестана на районы предпринято впервые [7]. Критериями условного деления Дагестана на районы выбраны административный признак и интенсивность сейсмичности для различных периодов времени, как это показано на рис. 4, где цифры соответствуют номерам районов, выделенных жирными линиями: № 1 – Дагестанский клин; № 2 – Центральный Дагестан; № 3 – Южный Дагестан; № 4 – прибрежная зона Каспийского моря; № 5 – восточная часть Чечни; № 6 – восточная часть Грузии; № 7 – северная часть Азербайджана. Рассмотрим проявление сейсмичности 2011 г. в отдельных районах.

Дагестанский клин № 1 включает в себя тектоническую область «Дагестанский клин», где были зарегистрированы 57 землетрясений с $K_p=6-10$ с эпицентрами, размещенными в его центральной части. Очаг землетрясения 5 мая в $10^{\text{h}}11^{\text{m}}$ с $K_p=10.0$ был локализован в 26 км к востоку от пос. Дубки, очаг 31 июля в $01^{\text{h}}50^{\text{m}}$ с $K_p=9.2$ – в 4–5 км от пос. Дубки. Землетрясение проявилось в селении Верхний Каранай ($\Delta=29$ км) с интенсивностью $I_i=3$ балла (по шкале MSK–64 [8]). Его ощущали люди в состоянии полного покоя на верхних этажах зданий. В пределах обозначенной зоны были зафиксированы 26 землетрясений 7-го класса, восемь землетрясений – 8-го и семь землетрясений – 9-го энергетических классов, отнесенные к Срединному разлому [9].

По величине выделившейся энергии 2011 г. этот район слабоактивен. Здесь выделилось $\Sigma E=0.18 \cdot 10^{11}$ Дж энергии, что составило всего 0.87 % от всей сейсмической энергии исследуемой территории. Сейсмическая активность проявилась в центральной части Дагестанского клина.

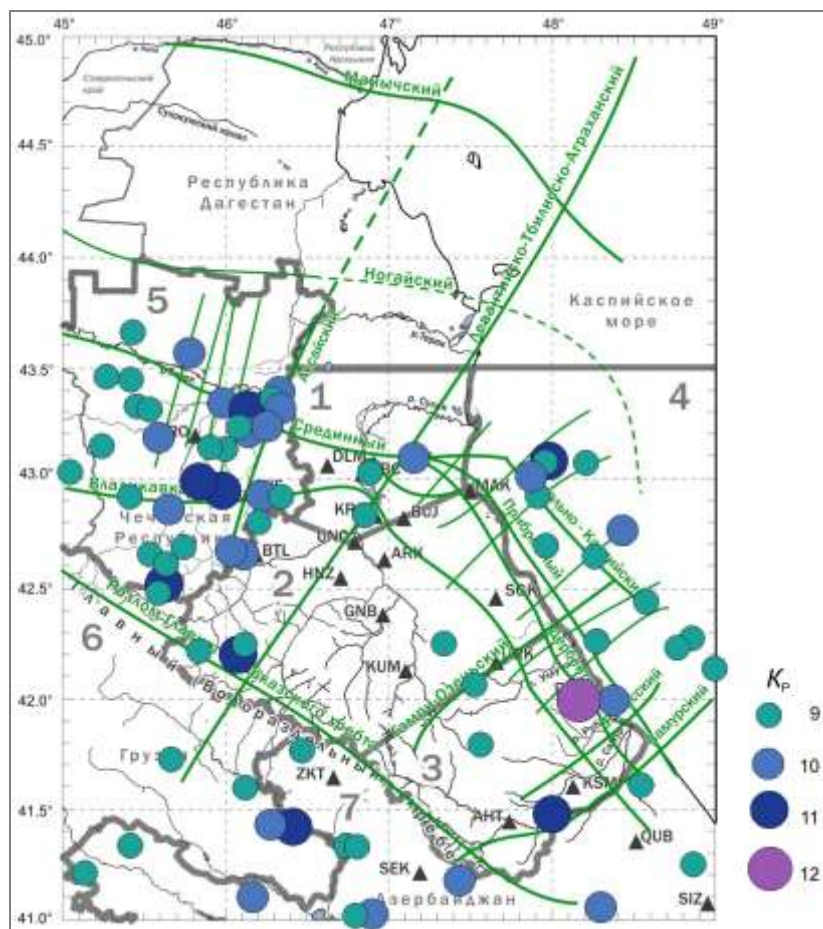


Рис. 4. Разбивка районов на карте разломной тектоники и эпицентров землетрясений с $K_p \geq 8.6$

Центральный Дагестан (район № 2) охватывает горную и предгорную части Дагестана. Здесь были зарегистрированы 56 землетрясений с $K_p=6-11$. Землетрясение 22 января в 10^h54^m с $K_p=9.6$ было локализовано в 5 км к западу от Ботлиха. В селении Ботлих (5 км) оно проявилось с интенсивностью $I_i=3-4$ балла и было отнесено к Аксайскому разлому [9]. Более сильное ($K_p=10.6$) сейсмическое событие было локализовано 17 июня в 04^h40^m на Багамском хребте, в 50 км юго-западнее Ботлиха, и отнесено к разлому Главного Кавказского хребта. Также были зафиксированы 8 землетрясений 9-го, 19 землетрясений – 8-го и 14 землетрясений – 7-го энергетических классов. По величине выделившейся энергии эта зона в 2011 г. была активной, особенно в приграничной зоне юго-востока Чеченской республики и восточной части Грузии. Здесь выделилась энергия $\Sigma E=1.2 \cdot 10^{11}$ Дж, что составило 5.76% от суммарной ее величины.

Южный Дагестан (№ 3) включает в себя южную часть Дагестана с приграничной зоной северного Азербайджана. Здесь зарегистрировано 31 землетрясение с $K_p=6-12$. Их эпицентры размещены в восточной и южной части зоны. К наиболее сильным из них относятся землетрясение 11 апреля в 04^h49^m с $K_p=10$, локализованное в районе г. Дербент, которое проявилось в Дербенте с интенсивностью $I_i=2-3$ балла и было отнесено к Дербентскому разлому [9]; максимальное в Дагестане в 2011 г. [6] землетрясение 1 сентября в 20^h41^m с $K_p=11.8$ в 15 км западнее г. Дербент, ощущавшееся в Южном Дагестане в пос. Дагестанские Огни ($\Delta=15$ км) и г. Дербент (18 км) с интенсивностью сотрясений $I_i=4$ балла, в Избербаше (60 км) – 3–4 балла, в Уркарахе (42 км) – 3 балла, в Махачкале (112 км) – 2–3 балла [10]; наконец, землетрясение 11 ноября в 05^h31^m с $K_p=10.8$, зарегистрированное в 21 км к востоку от с. Ахты в зоне влияния Самурского разлома. Кроме того, в этом районе были отмечены 12 землетрясений 7-го энергетического класса, 15 землетрясений – 8-го и одно землетрясение с $K_p=9$.

По величине высвобожденной сейсмической энергии данный район в 2011 г. был самым активным. Здесь выделилось $\Sigma E=11.0 \cdot 10^{11}$ Дж энергии, что составило 53% от всей энергии, выделившейся на территории ответственности.

Прибрежная часть Каспийского моря (№ 4). Здесь произошли 50 землетрясений с $K_p=6-11$, вдоль береговой полосы Каспийского моря. Три из них имели $K_p \geq 10$ и локализованы в Каспийском море (13 августа в 18^h48^m с $K_p=10$ в 78 км юго-восточнее Махачкалы; 24 августа в 10^h05^m с $K_p=10.9$ – к северо-востоку от Махачкалы и ощущалось в Махачкале ($\Delta=43$ км) и Каспийске (40 км) с $I_i=3-4$ балла; 19 сентября в 16^h14^m с $K_p=10.1$, в 31 км северо-восточнее от Махачкалы. Последнее ощущалось в Каспийске с $I_i=3$ балла, Махачкале – 2–3 балла [11]. Все вышеперечисленные очаги отнесены к Центрально-Каспийскому разлому. Кроме того, здесь зарегистрированы 13 землетрясений с $K_p=9$, 21 землетрясение – с $K_p=8$ и 11 землетрясений – с $K_p=7$.

В районе № 4 выделилось $\Sigma E=1.49 \cdot 10^{11}$ Дж энергии, что составило 7 % от всей выделившейся энергии на рассматриваемой территории.

В Восточной части Чеченской республики (№ 5) зарегистрировано 93 землетрясения в широком диапазоне энергетических классов с $K_p=6-11$. Выделившаяся здесь энергия равна $\Sigma E=5.2 \cdot 10^{11}$ Дж. Максимальное ($K_p=11.3$) землетрясение произошло 13 января в 02^h50^m в эпицентральной области недавнего сильного Курчалойского землетрясения 11.10.2008 г. с $K_p=14.5$, $M_w=5.8$, $I_0=7-8$ [12, 13]. Второе по величине землетрясение с $K_p=11.1$ зарегистрировано 7 сентября в 13^h49^m к северо-востоку от г. Грозный на расстоянии 28 км и проявилось в нем с интенсивностью $I_i=3$ балла. Третье землетрясение с $K_p=10.7$ зафиксировано 24 сентября в 14^h06^m на расстоянии 24 км к западу от пос. Ведено. Кроме них здесь локализованы девять землетрясений 10-го, 19 землетрясений – 9-го, 37 землетрясений – 8-го и 16 землетрясений – 7-го энергетических классов.

Восточная часть Грузии (№ 6). Самое сильное здесь сейсмическое событие с $K_p=11.2$ произошло 30 мая в 00^h05^m с $h=14$ км на границе с северо-западной частью Азербайджана в 95 км юго-западнее Кумуха. Через два месяца, 2 августа в 18^h26^m , после этого землетрясения практически в той же эпицентральной зоне произошел второй по величине толчок с $K_p=9.8$, но с большей глубиной $h=17$ км. Кроме них были зарегистрированы 2 землетрясения 9-го, 13 землетрясений – 8-го и 32 землетрясения – 7-го класса.

Северная часть Азербайджана (№ 7). Здесь в 2011 г. заметны следующие четыре землетрясения: 14 января в 12^h27^m с $K_p=9.9$ (в северо-западном Азербайджане), 21 мая в 21^h27^m с $K_p=9.6$, 29 мая в 10^h44^m с $K_p=9.7$ и 7 июля в 22^h19^m с $K_p=9.8$. Кроме них зарегистрированы

13 землетрясений 9-го, 14 землетрясений – 8-го и 2 землетрясения – 7-го класса. Выделившаяся энергия равна $\Sigma E=0.54 \cdot 10^{11}$ Дж.

Общее число зарегистрированных в 2011 г. землетрясений составило $N_{\Sigma}=364$, т.е., по сравнению с таковым ($N_{\Sigma}=308$) в 2010 г., оно возросло в 1.2 раза за счет лучшей регистрации слабых событий, что явилось результатом повышения чувствительности сейсмической сети (цифровыми стали три аналоговые станции во второй половине 2010 г. («Ботлих» с 28 июня, «Дербент» со 2 сентября, «Ахты» с 17 октября), и еще одна «Хунзах» – с 21 июля 2011 г. [14]). Выделившаяся при этом в 2011 г. суммарная энергия, равная $\Sigma E=1.667 \cdot 10^{12}$ Дж, также в 1.2 раза больше, чем в 2010 г. ($\Sigma E=1.391 \cdot 10^{12}$ Дж).

Сейсмическая активность в 2011 г. в Дагестане и в смежных районах была достаточно низкой и соответствовала примерно уровню, наблюдаемому в 2010 г.

Л и т е р а т у р а

1. Мехрюшев Д.Ю., Янков А.Ю., Погода Э.В., Даниялов М.Г., Габсатарова И.П., Пойгина С.Г. (сост.). Сейсмические станции ГС РАН, работавшие на территории Северного Кавказа в 2011 г. // Землетрясения Северной Евразии, 2011 год. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2017. – Приложение на CD_ROM.
2. Мехрюшев Д.Ю., Янков А.Ю., Погода Э.В., Даниялов М.Г., Габсатарова И.П., Пойгина С.Г. (сост.). Сейсмические станции ГС РАН, работавшие на территории Северного Кавказа в 2010 г. // Землетрясения Северной Евразии, 2010 год. – Обнинск: ГС РАН, 2016. – (На CD).
3. Адилов З.А., Асманов О.А., Батыров Т.Б., Даниялов М.Г., Левкович Р.А. Дагестан // Землетрясения Северной Евразии, 2010 г. – Обнинск: ГС РАН, 2016. – С. 102–104.
4. Асманов О.А. Годографы сейсмических волн на территории Дагестана // Отчет о результатах сейсмических наблюдений на территории ДАССР, проведенных Опытной-методической партией в 1990 г. – Махачкала: Фонды ДФ ГС РАН, 1991. – С. 27–42.
5. Раутман Т.Г. Об определении энергии землетрясений на расстоянии до 3000 км. // Экспериментальная сейсмика. Труды ИФЗ АН СССР, № 32(199). – М.: Наука, 1964. – С. 88–93.
6. Амиров С.Р., Мусалаева З.А., Гамидова А.М., Абдуллаева А.Р., Сагателова Е.Ю. Каталог (оригинал) землетрясений Дагестана за 2011 г. – Махачкала: Фонды ДФ ГС РАН, 2011.
7. Асманов О.А. Пространственная градация сейсмичности Дагестана и смежных районов // Геология и геофизика Юга России. (В печати).
8. Медведев С.В., Шпонхойер В., Карник В. Шкала сейсмической интенсивности MSK–64. – М.: МГК АН СССР, 1965. – 11 с.
9. Черкашин В.И., Сабанаев К.А., Гаврилов Ю.О., Панов Д.И. Тектоника Дагестана (объяснительная записка) // Тр. ДНЦ РАН. Вып. 60. Отв. редактор Ю.Г. Леонов. – Махачкала: АЛЕФ, 2012. – 86 с.
10. Архив Опытной-методической партии. – Махачкала: Фонды ДФ ГС РАН, 2011.
11. Габсатарова И.П., Головкова Л.В., Асманов О.А. (отв. сост.). Каталог землетрясений Северного Кавказа за 2011 год // Землетрясения России в 2011 г. – Обнинск: ГС РАН, 2013. – С. 101–104.
12. Асманов Ю.А., Левкович Р.А., Гайсумов М.Я., Керимов И.А., Габсатарова И.П., Головкова Л.В., Иванова Л.Е., Пономарёва Н.Л., Чепкунас Л.С., Рыжикова М.И. Макросейсмические проявления Курчалойского землетрясения 11 октября 2008 г. с $K_p=14.5$, $M_w=5.8$, $I_0=7-8$ (Чеченская Республика) // Землетрясения Северной Евразии, 2008 год. – Обнинск: ГС РАН, 2014. – С. 421–432.
13. Габсатарова И.П. Инструментальные параметры очага Курчалойского землетрясения 11 октября 2008 г. с $K_p=14.5$, $M_w=5.8$, $I_0=7-8$ (Чеченская республика) // Землетрясения Северной Евразии, 2008 год. – Обнинск: ГС РАН, 2014. – С. 433–447.
14. Даниялов М.Г. Сведения о станциях ДФ ГС РАН (сеть DRS) в 2011 г. // Землетрясения России в 2011 году. – Обнинск: ГС РАН, 2012. – С. 19.